

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-168812
(P2001-168812A)

(43)公開日 平成13年6月22日(2001.6.22)

(51)Int.Cl.⁷
H 04 B 17/00
H 04 Q 7/36

識別記号

F I
H 04 B 17/00
7/26テマコト^{*}(参考)
C 5 K 0 4 2
1 0 5 Z 5 K 0 6 7

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平11-348436

(22)出願日 平成11年12月8日(1999.12.8)

特許法第30条第1項適用申請有り 社団法人電子情報通信学会発行の「1999年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会講演論文集1」に発表

(71)出願人 000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(71)出願人 593063161
株式会社エヌ・ティ・ティ ファシリティーズ
東京都港区芝浦三丁目4番1号

(72)発明者 前田 裕二
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(74)代理人 100072718
弁理士 古谷 史旺

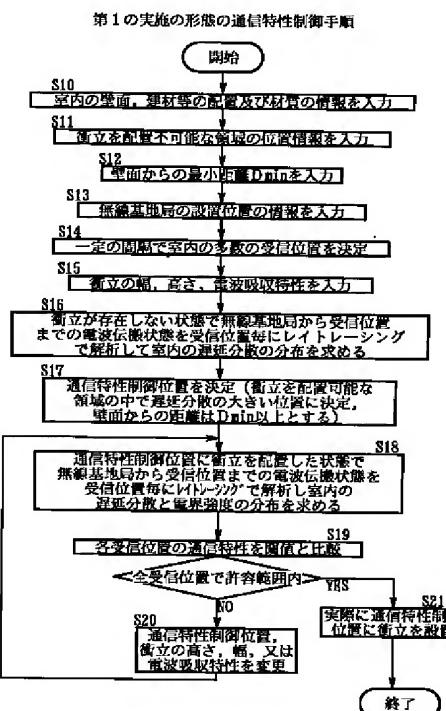
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 屋内無線通信システムの通信特性制御方法

(57)【要約】

【課題】 本発明は無線LAN等の屋内無線通信システムを利用する場合に他のシステムの無線基地局の電波や屋内環境の影響によって生じる電磁干渉を低減可能な屋内無線通信システムの通信特性制御方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 同一の屋内に配置され無線基地局及び1つ以上の端末局により構成された無線通信システムの通信特性を制御するための屋内無線通信システムの通信特性制御方法であって、特定の位置に配置される前記無線基地局と端末局との間の電波伝搬特性、もしくは他の無線通信システムに属する無線局と前記端末局との間の電波伝搬特性をシミュレーションもしくは測定によって求め、求められた電波伝搬特性に基づいて、前記屋内の電波の吸収が必要な通信特性制御位置を1カ所以上定め、前記通信特性制御位置に電波吸収機能を有する衝立を配置することを特徴とする屋内無線通信システムの通信特性制御方法。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 同一の屋内に配置され、無線基地局及び1つ以上の端末局により構成された無線通信システムの通信特性を制御するための屋内無線通信システムの通信特性制御方法であって、
特定の位置に配置される前記無線基地局と端末局との間の電波伝搬特性、もしくは他の無線通信システムに属する無線局と前記端末局との間の電波伝搬特性を、シミュレーションもしくは測定によって求め、
求められた電波伝搬特性に基づいて、前記屋内の電波の吸收が必要な通信特性制御位置を1箇所以上定め、
前記通信特性制御位置に電波吸収機能を有する衝立を配置することを特徴とする屋内無線通信システムの通信特性制御方法。

【請求項2】 請求項1の屋内無線通信システムの通信特性制御方法において、
前記衝立を前記通信特性制御位置に配置した状態の環境条件について、電波伝搬特性を再び求め、
求められた電波伝搬特性を予め定めた許容条件と比較し、
前記電波伝搬特性が前記許容条件を満足しない場合には、前記衝立の位置、高さ、幅及び電波吸収特性の少なくとも1つを変更して変更後の環境条件における電波伝搬特性を再び求め、前記許容条件を満足する環境条件を特定することを特徴とする屋内無線通信システムの通信特性制御方法。

【請求項3】 請求項1の屋内無線通信システムの通信特性制御方法において、同一の屋内に独立した複数の無線通信システムが配置される場合には、求められた電波伝搬特性に基づいて、少なくとも1つの通信特性制御位置を互いに異なる無線通信システムに属する複数の無線基地局の間の空間内に定めることを特徴とする屋内無線通信システムの通信特性制御方法。

【請求項4】 請求項1の屋内無線通信システムの通信特性制御方法において、少なくとも1つの通信特性制御位置を、求められた電波伝搬特性に基づいて、金属製の壁面と対向し、かつ前記壁面から所定以上の間隔をおいた位置に定めて衝立を前記壁面とほぼ平行に配置することを特徴とする屋内無線通信システムの通信特性制御方法。

【請求項5】 請求項1の屋内無線通信システムの通信特性制御方法において、前記電波伝搬特性として、端末局の位置における受信電界強度、遅延分散値、ビットエラーレート及び無線基地局と端末局との間の伝搬損失の少なくとも1つを求めることが特徴とする屋内無線通信システムの通信特性制御方法。

【請求項6】 請求項2の屋内無線通信システムの通信特性制御方法において、屋内の前記端末局を配置可能な領域の中に一定の間隔で複数の候補地点を定め、前記候補地点のそれぞれに前記

端末局を配置することを想定し、
前記候補地点のそれぞれの位置について電波伝搬特性を求める、
前記候補地点の全ての位置で電波伝搬特性が前記許容条件を満足するまで、前記衝立の位置、高さ、幅及び電波吸収特性の少なくとも1つを変更することを特徴とする屋内無線通信システムの通信特性制御方法。

【請求項7】 請求項1の屋内無線通信システムの通信特性制御方法において、レイトレーシングを用いて前記無線基地局と端末局との間の電波伝搬特性のシミュレーションを実施することを特徴とする屋内無線通信システムの通信特性制御方法。

【請求項8】 同一の屋内に配置され、無線基地局及び1つ以上の端末局により構成された無線通信システムの通信特性を制御するための屋内無線通信システムの通信特性制御方法であって、
屋内の金属製の壁面から所定距離だけ離れた特定の位置に電波吸収機能を有する衝立を配置することを環境条件として定め、

20 前記環境条件における前記無線基地局と端末局との間の電波伝搬特性をシミュレーションもしくは測定によって求め、
求められた電波伝搬特性から前記衝立による通信特性の改善効果を確認することを特徴とする屋内無線通信システムの通信特性制御方法。

【請求項9】 請求項8の屋内無線通信システムの通信特性制御方法において、互いに衝立の高さが異なる複数種類の環境条件のそれについて前記無線基地局と端末局との間の電波伝搬特性を求める、複数種類の環境条件30の電波伝搬特性を対比して好ましい環境条件を特定することを特徴とする屋内無線通信システムの通信特性制御方法。

【請求項10】 請求項8の屋内無線通信システムの通信特性制御方法において、レイトレーシングを用いて前記無線基地局と端末局との間の電波伝搬特性のシミュレーションを実施することを特徴とする屋内無線通信システムの通信特性制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

40 【発明の属する技術分野】本発明は、屋内無線通信システムの通信特性制御方法に関し、屋内における通信特性的改善や同じ屋内に設置された複数の無線通信システムの通信エリアの分離に利用される。

【0002】

【従来の技術】現在、無線LAN (Local Area Network) 等の屋内無線通信システムでは、限られた周波数資源になるべく多くのユーザを収容することが要求されている。そこで、1つの無線基地局に対する通信エリア内において多数のユーザが同時に効率よく通信を行うため50 の多元接続 (Multiple Access), 他の無線基地局の電

波と同じ周波数を場所を離して繰り返し使用するゾーン構成、各端末側の送信電力を必要最小限に抑える送信電力制御等の通信制御技術が広く利用されている。

【0003】これらの通信制御技術を用いることにより、全ての無線端末が他の無線端末から受ける干渉を最小限に抑えることができ、全ての無線端末が公平に通信できようになる。これらの通信制御技術は、結果として周波数利用効率を向上させる目的で使用されている。多元接続方式としては、大きく分けて、時分割多重（TDM A）方式、周波数分割多重（FDMA）方式、符号分割多重（CDMA）方式等のチャンネル占有方式と、アロハ（ALOHA）、搬送波検知マルチプルアクセス（CSMA）等のチャネル共有方式とが使用されている。

【0004】チャネル占有方式では、各ユーザが他のユーザからの干渉を受けることなく、時間、周波数等で分割されたチャネルを占有できる。チャネル共有方式では、各ユーザが同じチャネルを共有し、他のユーザからの干渉をある程度許容しつつ効率よく通信を行う。ゾーン構成技術においては、水平面内で無指向性のアンテナを用いる。また、平面を一定形状のゾーン毎に分割しゾーン毎に無線信号を放射する。更に、隣接するゾーン毎に異なる無線周波数を割り当てると共に、同じ無線周波数を一定の繰り返しパターンで各ゾーンに割り当てる。これにより、複数ゾーン間の無線信号の干渉が防止される。このゾーン構成技術では、隣接するゾーン間ではFDMAによって干渉を避け、ゾーン内においてはTDM AまたはCDMAによって無線通信システム間の干渉を回避することができる。

【0005】送信電力制御技術では、各端末の送信電力を必要最小限に抑え、比較的強度が大きい特定の送受信装置からの無線通信信号が他の送受信装置に影響を与えることを防止する。無線通信においては、基地局に複数の無線端末が同時接続を行う場合、全ての無線端末が公平に通信できるように制御することによって、周波数利用効率の向上を実現している。

【0006】例えば、2.4GHz帯無線LAN等のシステムでは、スペクトラム拡散変調を用いているが、割り当てられている無線周波数帯域幅が不十分なためCDMA方式による通信制御が困難な場合には、CSMA方式を採用することによって、全ての無線端末が公平な通信を行えるように工夫されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、1フロアに複数の独立したネットワークが存在するようなオフィス内において、無線LANで各ネットワークを構成することを想定すると、各無線LANから出力された無線信号（電波）が他の無線LANの領域まで十分大きな電界強度で届くため各無線LANが互いに悪影響を及ぼすことになる。

【0008】例えば、複数組の同一種類の無線LANシステムを用いて、同一フロアの独立した複数のネットワークを構成した場合には、複数のネットワークの搬送波の周波数が同一であるため、CSMA方式の無線LANを採用している場合には、制御局は自身の所属するネットワークには全く関係ない無線信号に対しても、信号の衝突を避けるためにCSMA制御を行うことになる。

【0009】つまり、制御対象のネットワークが利用していないチャネルであっても、他のネットワークが通信信号を送出しているチャネルに対して利用を制限するため、お互いに無関係であるにも関わらず複数のネットワークが無線通信伝送路を分け合うことになってしまう。このため、同一システムを用いて送受信を行う無線通信システムが同一エリア内で複数使用される場合には、所属するネットワークが同一であるか否かに拘わらず、送受信を行う無線端末の数が増加すると、伝送速度は送受信を行う無線通信システムの組の数に対し、ほぼ反比例して減少するという問題点がある。

【0010】また、同一フロアの独立した複数のネットワークが互いに異なる無線LANシステムを使用している場合であっても、無線LANの通信信号が他のネットワークの存在するエリアに到達すると、複数の無線LANの占有周波数の一部または全てが重複し、電磁干渉が生じるため無線通信信号が失われてしまう可能性がある。

【0011】更に、無線LAN等の屋内無線システムは、携帯電話やPHSと比較して通信速度が高速であるため、屋内通信環境の影響を受けやすい傾向にある。例えば、金属の壁等からの強い反射波によって生じた遅延波の影響でビットエラーレート（BER）が増大し、通信速度が低下する。このため、指向性を有するアンテナを基地局及び端末にそれぞれ採用し、遅延波の影響を受けないようにすることが検討されている。しかし、指向性アンテナは高価であるためこれを装備した無線LAN等の屋内無線システムはほとんど市販されておらず、安価な無指向性アンテナを装備した製品が市場に多く出回っているのが実状である。

【0012】また、強い反射波の生じる壁に電波吸収体を張り付けることで反射波の強度を低減させ、遅延波の影響を低減させる方法が検討されている。しかし、実際のオフィスなどでは、壁には書棚等が設置されている場合がほとんどであり、実際に壁に電波吸収体を設置することは困難な場合が多い。本発明は上記の事情に鑑みてなされたもので、無線LAN等の屋内無線通信システムを利用する場合に、他のシステムに属する無線基地局の電波や屋内環境の影響によって生じる電磁干渉を低減可能な屋内無線通信システムの通信特性制御方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決する手段】請求項1は、同一の屋内

に配置され、無線基地局及び1つ以上の端末局により構成された無線通信システムの通信特性を制御するための屋内無線通信システムの通信特性制御方法であって、特定の位置に配置される前記無線基地局と端末局との間の電波伝搬特性、もしくは他の無線通信システムに属する無線局と前記端末局との間の電波伝搬特性を、シミュレーションもしくは測定によって求め、求められた電波伝搬特性に基づいて、前記屋内の電波の吸収が必要な通信特性制御位置を1箇所以上定め、前記通信特性制御位置に電波吸収機能を有する衝立を配置することを特徴とする。

【0014】請求項1では、電波吸収機能を有する衝立を屋内に配置することにより、屋内の電波伝搬特性を制御する。衝立に電波吸収機能を持たせるので、衝立を設置する位置に応じて、通信特性を制御する位置が変わる。衝立を設置する位置は壁の近傍だけでなく屋内の様々な位置に変更できるので、設置する無線通信システムに適した電波伝搬特性を実現可能である。

【0015】例えば、同一の屋内に複数の独立した無線通信システムを設置する場合には、所定の位置に衝立を配置すれば、他のシステムが放射した電波を遮蔽することになり、電波が届くエリアをシステム毎に分離することができる。また、壁が金属のように電波を反射しやすい特性を有している場合には、壁からの反射によって生じる遅延波の影響で遅延分散が大きくなると、無線通信によって伝送されるデータのビットエラーレート(BER)が増大する。壁の前面などに衝立を配置すれば、壁からの反射波を低減できる。

【0016】請求項1では、衝立を設置する前の室内の電波伝搬特性を求め、その結果に基づいて衝立を設置する位置を決定するので、通信特性の改善に役立つ適切な位置(通信特性制御位置)に衝立を配置できる。例えば室内の遅延分散値が大きい部分に衝立を配置すれば、その電波吸収機能によって反射波の発生が抑制され、遅延分散が低減されるので無線データ伝送におけるビットエラーの発生が抑制される。

【0017】また、例えば他のシステムから発射された電波の電界強度が大きい位置に衝立を配置すれば、他のシステムからの電波の電界強度が低減され、干渉を受けにくくなるので、複数システムのエリアの分離に役立つ。請求項2は、請求項1の屋内無線通信システムの通信特性制御方法において、前記衝立を前記通信特性制御位置に配置した状態の環境条件について、電波伝搬特性を再び求め、求められた電波伝搬特性を予め定めた許容条件と比較し、前記電波伝搬特性が前記許容条件を満足しない場合には、前記衝立の位置、高さ、幅及び電波吸収特性の少なくとも1つを変更して変更後の環境条件における電波伝搬特性を再び求め、前記許容条件を満足する環境条件を特定することを特徴とする。

【0018】衝立を配置しない状態で求めた電波伝搬特

性から決定された通信特性制御位置に衝立を配置しても、要求される通信特性が得られるとは限らない。そこで、請求項2では、衝立を配置した条件においても電波伝搬特性を求め、その結果を予め定めた許容条件と比較する。

【0019】そして、電波伝搬特性が許容条件を満足しない場合には、衝立の位置、高さ、幅及び電波吸収特性の少なくとも1つを変更して変更後の環境条件における電波伝搬特性を再び求める。このような動作を繰り返す

10 ことにより、許容条件を満足する環境条件を特定することができる。請求項3は、請求項1の屋内無線通信システムの通信特性制御方法において、同一の屋内に独立した複数の無線通信システムが配置される場合には、求められた電波伝搬特性に基づいて、少なくとも1つの通信特性制御位置を互いに異なる無線通信システムに属する複数の無線基地局の間の空間内に定めることを特徴とする。

【0020】請求項3においては、互いに異なる無線通信システムに属する複数の無線基地局の間の空間に衝立を配置するので、前記衝立が各々の無線基地局から他のシステムの領域に到達する電波の強度を低減することになり、複数の無線通信システムの電波が互いに干渉しないように領域を分離することができる。請求項4は、請求項1の屋内無線通信システムの通信特性制御方法において、少なくとも1つの通信特性制御位置を、求められた電波伝搬特性に基づいて、金属製の壁面と対向し、かつ前記壁面から所定以上の間隔をおいた位置に定めて衝立を前記壁面とほぼ平行に配置することを特徴とする。

【0021】請求項4では、金属製の壁面の前方に衝立を配置するので、壁によって生じる反射波を抑制し遅延分散を低減できる。また、壁面と衝立との間に所定以上の間隔をあけるとともに衝立を壁面と平行に配置するので、壁面と衝立との間に通路を形成することができる。このため、一般的なオフィス等における室内の書棚や机などのレイアウトをほとんど変更することなく、衝立を適切な位置に配置して通信特性を改善できる。

【0022】請求項5は、請求項1の屋内無線通信システムの通信特性制御方法において、前記電波伝搬特性として、端末局の位置における受信電界強度、遅延分散値、ビットエラーレート及び無線基地局と端末局との間の伝搬損失の少なくとも1つを求める特徴とする。請求項6は、請求項2の屋内無線通信システムの通信特性制御方法において、屋内の前記端末局を配置可能な領域の中に一定の間隔で複数の候補地点を定め、前記候補地点のそれぞれに前記端末局を配置することを想定し、前記候補地点のそれぞれの位置について電波伝搬特性を求め、前記候補地点の全ての位置で電波伝搬特性が前記許容条件を満足するまで、前記衝立の位置、高さ、幅及び電波吸収特性の少なくとも1つを変更することを特徴とする。

【0023】無線通信システムとして無線LAN等を採用する場合には、システムに含まれる端末局の数が多く、室内の様々な位置にそれぞれ端末局を設置する可能性がある。従って、室内の1箇所で電波伝搬特性が許容条件を満足しているだけでは不十分である。請求項6では、様々な候補地点のそれぞれの位置について電波伝搬特性を求める、前記候補地点のそれぞれの位置の電波伝搬特性が許容条件を満足するように衝立を配置することができる。

【0024】請求項7は、請求項1の屋内無線通信システムの通信特性制御方法において、レイトレーシングを用いて前記無線基地局と端末局との間の電波伝搬特性のシミュレーションを実施することを特徴とする。請求項7では、レイトレーシングを用いるので、実際に室内に無線基地局及び端末局を設置したり測定器を設置することなく、シミュレーションによって反射波の影響を含む電波伝搬特性を求めることができる。

【0025】請求項8の屋内無線通信システムの通信特性制御方法は、同一の屋内に配置され、無線基地局及び1つ以上の端末局により構成された無線通信システムの通信特性を制御するための屋内無線通信システムの通信特性制御方法であって、屋内の金属製の壁面から所定距離だけ離れた特定の位置に電波吸収機能を有する衝立を配置することを環境条件として定め、前記環境条件における前記無線基地局と端末局との間の電波伝搬特性をシミュレーションもしくは測定によって求め、求められた電波伝搬特性から前記衝立による通信特性の改善効果を確認することを特徴とする。

【0026】請求項8では、電波吸収機能を有する衝立を屋内の金属製の壁面から所定距離だけ離れた特定の位置に配置することにより、屋内の電波伝搬特性を制御する。衝立は自由に位置を変更できるので、壁面から離れた位置に配置できる。金属製の壁面の前面に衝立を配置することにより、壁からの反射波を抑制し、無線基地局と端末局との間の電波伝搬特性を改善できる。

【0027】また、前記無線基地局と端末局との間の電波伝搬特性をシミュレーションもしくは測定によって求め、求められた電波伝搬特性から前記衝立による通信特性の改善効果を確認するので、衝立の設置状態が適切か否かを識別できる。請求項9は、請求項8の屋内無線通信システムの通信特性制御方法において、互いに衝立の高さが異なる複数種類の環境条件のそれぞれについて前記無線基地局と端末局との間の電波伝搬特性を求める、複数種類の環境条件の電波伝搬特性を対比して好ましい環境条件を特定することを特徴とする。

【0028】利用する衝立の高さを変更することにより電波伝搬特性が変わる。請求項9では、それぞれの高さの衝立を用いる場合について電波伝搬特性を求めるので、複数種類の環境条件の電波伝搬特性を対比して好ましい環境条件を特定することができる。請求項10は、

請求項8の屋内無線通信システムの通信特性制御方法において、レイトレーシングを用いて前記無線基地局と端末局との間の電波伝搬特性のシミュレーションを実施することを特徴とする。

【0029】請求項10では、レイトレーシングを用いるので、実際に室内に無線基地局及び端末局を設置したり測定器を設置することなく、シミュレーションによって反射波の影響を含む電波伝搬特性を求めることができる。

10 【0030】

【発明の実施の形態】（第1の実施の形態）本発明の屋内無線通信システムの通信特性制御方法の1つの形態について、図1及び図3を参照して説明する。この形態は、請求項1、請求項2、請求項4～請求項7に対応する。

【0031】図1は、本発明の屋内無線通信システムの通信特性制御方法を実施するためのこの形態の通信特性制御手順を示すフローチャートである。図3は屋内の1フロアの構成例を示す平面図である。この形態では、例えば図3に示すような一般的な屋内の1フロアに無線通信システムとして1組の無線LANシステムを設置する場合を想定し、無線LANを構成する1つの無線基地局と端末との間の通信特性を改善するために、図1に示す手順を実施し、電波吸収機能を有する衝立の設置により通信特性を制御する。

【0032】この形態では、図示しないコンピュータを用いて電波伝搬状態に関するシミュレーションを実施する。図1のステップS10、S11、S12、S13及びS15では、この制御に必要な様々な情報をコンピュータに対して入力する。ステップS10では、制御対象の室内に存在する各壁面や建材（柱）等の配置（位置、大きさ等）及び材質に関する情報を入力する。

【0033】ステップS11では、衝立を配置不可能な領域の位置情報を入力する。例えば、移動できない机などの備品が予め配置された空間の内部については新たに衝立を配置することができないので、その領域については衝立の配置対象領域から除外するためにその位置情報を入力しておく。ステップS12では、壁面からの最小距離Dmin（例えば1m）を入力する。壁面の近傍には人間が通るための通路を確保する必要があるので、通路が衝立によって遮断されるのを避ける必要がある。そこで、壁面に近い位置を衝立の配置対象領域から除外するために最小距離Dminを入力する。

【0034】ステップS13では、制御対象となる無線LANシステムの無線基地局の設置位置（アンテナの位置、フロアからの高さも含む）を入力する。ステップS14では、室内の端末を設置可能な全ての領域を一定の間隔で多数に分割し、分割された各領域をそれぞれ受信位置として定める。すなわち、各受信位置にそれぞれ端末を設置する場合を想定している。

【0035】ステップS15では、通信特性の制御に用いる衝立の幅、高さ及び電波吸収特性を入力する。ステップS16では、室内に衝立を配置する前の状態で、無線基地局の位置から受信位置までの電波伝搬状態を、受信位置毎にレイトレーシングの技術を用いて解析し、室内の遅延分散の分布を求める。遅延分散とは、様々な位置で反射された電波の残存量を示す値であり無線通信システムのビットエラーレート(BER)と密接な関係があり、遅延分散が小さいほど通信品質がよいと考えて良い。

【0036】なお、ここでは電波伝搬状態を求めるためのレイトレーシングの技術として、文献1(K.R. Schau bach, N.J. Davis, and T.S. Rappaport, "A Ray Tracing Method for Predicting Path Loss and Delay Spread in Microcellular Environments," IEEE Vehicular Technol. Conf., pp.932-935, May 1992)に開示された技術を用いている。

【0037】なお、ステップS16を実行する前に、解析の対象となる無線LANシステムが使用する無線周波数、アンテナの形式及び指向性に関する情報をコンピュータに入力しておく。ステップS17では、ステップS16で求められた室内の遅延分散分布状態に基づいて、衝立を配置すべき通信特性制御位置を決定する。但し、ステップS11で入力された配置不可能な位置は予め除外する。また、壁面から通信特性制御位置までの距離は最低でもステップS12の最小距離Dminよりも大きくなる。また、衝立を壁の近傍に配置する場合には、通路の空間を確保するために対向する壁面とほぼ平行に衝立を配置するように衝立の向きを制限する。

【0038】ステップS18では、ステップS17で決定した通信特性制御位置に電波吸収特性を有する衝立を設置することを想定する。実際には、非金属製(電波伝搬に影響を及ぼさないもの)衝立の部屋の内側に向いた面に電波吸収板を貼り付けたものを電波吸収特性を有する衝立として用いることができる。ステップS18では、通信特性制御位置に電波吸収特性を有する衝立を設置した状態で、ステップS16と同様にレイトレーシングにより電波伝搬状態の解析を行い、室内の各位置の遅延分散及び受信電界強度の分布を求める。

【0039】ステップS19では、ステップS14で決定した様々な受信位置の全ての位置について、遅延分散及び受信電界強度を予め定めた許容条件と比較する。そして、全ての受信位置の遅延分散及び受信電界強度が許容範囲内であればステップS21に進み、許容範囲外の受信位置が存在する場合にはステップS20に進む。電界強度及び遅延分散の判断基準値(許容条件)は無線システムによって異なる。例えば2.4GHz帯無線LANでは、電界強度が-75dBm以上、遅延分散が15ns以下(但し、約40ns以下でもBERは大きいが通信は可能である)のエリアが通信可能エリア、事業所

デジタルコードレスでは電界強度が26dBmV以上、遅延分散が250ns以下が通信可能エリアとされている。

【0040】ステップS20では、予め定めた変更可能な範囲内で、衝立を配置する位置(通信特性制御位置)、衝立の高さ、衝立の幅、衝立の電波吸収特性の少なくとも1つを変更する。そしてステップS18に戻り、通信特性が許容条件を満たすようになるまで処理を繰り返す。実際には、まず最初に衝立の位置の移動による

10 変更を試行し、それでも許容条件を満たさない場合には衝立の高さを変更し、それでも許容条件を満たさない場合には、衝立の幅(大きさ)あるいは電波吸収特性を変更するように、順次に条件を変更すればよい。

【0041】例えば、高さが0.9m, 1.2m, 1.5m, 1.8mの市販の衝立の中から実際に使用する衝立を選択できるのであれば、最初は高さが0.9mの衝立を使用する場合を想定してシミュレーションを実施し、許容条件を満たさない場合には、ステップS20を実行するたびに衝立の高さを1.2m, 1.5m, 1.8mに変更すればよい。

【0042】ステップS21では、最後にシミュレーションを実施した時と同じ条件で、通信特性制御位置に電波吸収特性を有する衝立を実際に設置する。図示しないが、実際にはステップS16で得られる遅延分散の分布状態をみると、無線基地局の近傍や電波の反射が生じにくいガラス窓の近傍では遅延分散が小さく、電波を反射しやすい金属製の壁の近傍では遅延分散が大きくなる傾向が現れる。

【0043】従って、ステップS17では、金属製の壁30 からDmin以上の間隔をあけて、壁の前面に對向するように衝立を配置する(通信特性制御位置を決定する)ことになる。その位置に電波吸収特性を有する衝立を配置すると、壁に到達する電波が減衰して反射波の影響が低減されるため遅延分散が小さくなる。図3の例では、3面の壁1101, 1102, 1103が全て電波を反射しやすい材質(金属など)で構成され、もう1つの面がガラス壁(窓など)1104で構成されている。また、天井は岩綿吸音板であり、床はコンクリートである。図3に示すフロアの大きさは、縦15m、横30m、高さ2.8mである。基地局アンテナ1107は、室内のほぼ中央に設置されている。

【0044】このような条件で図1の手順を実行して実際に衝立を設置した結果が、図3に示されている。図3の例では、3つの壁1101, 1102, 1103のそれぞれの前面に、電波吸収板1106が装着された非金属製衝立1105を設置してある。

【0045】(第2の実施の形態)本発明の屋内無線通信システムの通信特性制御方法のもう1つの形態について、図2及び図4を参照して説明する。この形態は、請求項1～請求項3、請求項5～請求項7に対応する。図

11

2は、本発明の屋内無線通信システムの通信特性制御方法を実施するためのこの形態の通信特性制御手順を示すフローチャートである。図4は屋内の1フロアの構成例を示す平面図である。

【0046】この形態では、例えば図4に示すような一般的な屋内の1フロアに無線通信システムとして2組の独立した無線LANシステムを設置する場合を想定している。また、2組の無線LANシステムが互いに干渉するのを防止するために図2に示す手順を実施し、電波吸収機能を有する衝立の設置により通信特性を制御する。また、第1の実施の形態と同様にレイトレーシングによるシミュレーションを実施する。

【0047】図2のステップS10～S15については第1の実施の形態と同様であるが、ステップS13Bでは2組の無線LANシステムのそれぞれの基地局の位置情報を入力する。図4の例では、独立した2つのシステムの基地局（アンテナ）606, 607が各通信可能エリア608, 609のほぼ中央に配置されている。ステップS16Bでは、室内に衝立を配置する前の状態で、無線基地局の位置から受信位置までの電波伝搬状態を、受信位置毎にレイトレーシングの技術を用いて解析し、室内の伝搬損失（あるいは受信電界強度）の分布を求める。

【0048】ステップS17Bでは、ステップS16Bで求められた室内的伝搬損失分布状態に基づいて、衝立を配置すべき通信特性制御位置を決定する。ここでは、各々の基地局からの電波がそれが属するシステムとは別のシステムの通信可能エリアに到達して干渉するのを防止するために、電波を遮蔽する目的で電波吸収機能を有する衝立を設置する。

【0049】従って、ステップS17Bで衝立を配置する位置は、2つの基地局の間の空間内、つまり複数の無線LANシステムの通信可能エリア608, 609が重複する位置である。但し、ステップS11で入力された配置不可能な位置は予め除外する。図4の例では、電波吸収板605を装着した非金属製衝立604によって構成される2組の電波吸収衝立10(1), 10(2)が、通路20として確保した空間を挟んでフロアのほぼ中央の位置に配置してある。電波吸収板605は、各通信可能エリア608, 609の内側の面に配置してある。

【0050】ステップS18Bでは、ステップS17Bで決定した通信特性制御位置に電波吸収特性を有する衝立を設置することを想定する。実際には、非金属製（電波伝搬に影響を及ぼさないもの）衝立の部屋の内側に向いた面に電波吸収板を貼り付けたものを電波吸収特性を有する衝立として用いることができる。ステップS18Bでは、通信特性制御位置に電波吸収特性を有する衝立を設置した状態で、ステップS16Bと同様にレイトレーシングにより電波伝搬状態の解析を行い、室内の各位置の伝搬損失の分布を求める。

12

【0051】ステップS19Bでは、ステップS18Bで求めた伝搬損失の分布に基づいて、システム間の電波の干渉が許容範囲内か否かを調べる。例えば、文献2（高谷他，“2.4GHz帯無線LANの異機種間干渉特性”，信学論B-II, Vol. J80-B-II, N. 3, p. 368-371, 1997. 4）によれば複数の無線LANの基地局電波の強度差が15dB以上あれば、電磁干渉は発生しないとされている。

【0052】従って、例えば閾値は15dBに定めれば10よい。そして、通信可能エリア608, 609内の各々の受信位置で、当エリアを形成するシステムの基地局からの電波の電界強度と他のシステムに属する基地局からの電波の電界強度との差を前記閾値と比較する。全ての受信位置で電界強度の強度差が閾値以上であれば干渉は生じないのでステップS19Bでは許容範囲内とみなすことができる。

【0053】なお、複数システムの出力などの条件が互いに同一である場合には、伝搬損失をそのまま受信電界強度に置き換えて複数システムの受信電界強度の強度差を比較することができる。いずれかの受信位置で許容範囲を外れている場合には、ステップS20に進み、図1の場合と同様に衝立を配置する位置、衝立の高さ、衝立の幅又は衝立の電波吸収特性を変更する。

【0054】ステップS21では、最後にシミュレーションを実施した時と同じ条件で、通信特性制御位置に電波吸収特性を有する衝立を実際に設置する。実際の電波吸収衝立10の配置例について、図4を参照して説明する。図4に示すフロアは、縦15m、横45m、高さ2.8mであり、周囲の壁は石膏ボード壁601、金属壁602及びガラス壁603で構成されている。

【0055】図4において、2つの電波吸収衝立10(1), 10(2)は基地局607が送出する電波が通信可能エリア608を構成するシステムの通信に影響を及ぼすのを防止するとともに、基地局606が送出する電波が通信可能エリア609を構成するシステムの通信に影響を及ぼすのを防止するために、図2に示す処理を実施した結果配置されたものである。

【0056】図4の例では、2つの電波吸収衝立10(1), 10(2)の間隔（通路20の幅）は1mであり、電波吸収衝立10の高さは1.8mである。なお、図4に示す2つの電波吸収衝立10(3), 10(4)は、図1に示す処理を実施した結果配置されたものであり、金属壁602からの反射波を低減するために設けてある。

【0057】図4においては、部屋の左半分が基地局606を含むシステムの通信可能エリア608として割り当たられ、右半分が基地局607が属するシステムの通信可能エリア609として割り当たられている。

【0058】基地局606のアンテナは、通信可能エリア608のほぼ中央の床から1.5mの高さの位置に設置してある。基地局607のアンテナは、通信可能エリ

ア609のほぼ中央の床から1.5mの高さの位置に設置してある。図4の条件において、電波吸収衝立10がある場合とない場合とのそれぞれについて、各位置の伝搬損失を実際に測定した。その結果が図5に示されている。この測定では、2つの基地局606, 607のアンテナを結ぶ線と平行な線上で、基地局606, 607の直下の高さが1mの位置を通る線上に受信アンテナを移動可能な状態で配置して、フロアの長辺方向に受信アンテナを移動しながら、基地局606, 607のアンテナから受信アンテナまでの伝搬損失を測定した。

【0059】この測定では、基地局606, 607のアンテナ及び受信アンテナとして水平面内無指向性のモノポールアンテナを使用した。また、周波数は2.4GHz帯無線LANの中心周波数である2.484GHzに定め、ネットワークアナライザを用いて測定した。図5を参照すると、それぞれの基地局の通信エリア内では、衝立がある場合とない場合でほとんど伝搬損失は変化しないが、通信エリア外になると衝立がある場合とない場合とで10dB以上の差が生じることがわかる。

【0060】図5においては、衝立がない場合には、部屋の中心付近で2つの基地局606, 607からの電波の強度差は15dB以下であるが、衝立を設置すると全ての位置において15dB以上の強度差になることがわかる。前記文献2によれば、複数の無線LANの基地局電波の強度差が15dB以上あれば電磁干渉が発生しないので、衝立を設置することで、基地局電波同士の干渉を防ぐことができ、通信エリアを明確に分離可能である。

【0061】なお、この形態ではシミュレーションによって電波伝搬特性を求めており、測定器などを用いて実際に特性を測定した結果から衝立の位置などを決定することも可能である。

【0062】(第3の実施の形態)本発明の室内無線通信システムの通信特性制御方法のもう1つの形態について、図6～図9を参照して説明する。この形態は、請求項8、請求項9及び請求項10に対応する。図6は屋内の1フロアの構成例を示す平面図である。図7は屋内におけるBER毎の場所率の例を示すグラフである。図8は屋内における遅延分散毎の場所率の例を示すグラフである。図9は屋内における反射減衰量と遅延分散との関係の例を示すグラフである。

【0063】この形態では、フロアの壁際に通路を確保したうえで、金属製の壁の前方の位置に電波吸収特性を有する衝立10を設置した。そして、衝立10の設置により無線通信システムの通信特性が改善されることをレイトレーシング又は実測により求めた電波伝搬特性により確認した。その結果について、3つの例を以下に説明する。

【0064】(例(1))図6に示すフロアは、縦4.45m、横9.1m、高さ2.8mであり、壁は金属板、

天井は岩綿吸音板、床は金属製のアクセスフロアで構成されている。また、壁の一面には、窓などの反射の小さい建材を模擬するために電波吸収体801が設置している。

【0065】この例では、それぞれの金属壁から1m離れた位置に、電波吸収衝立10(1), 10(2), 10(3)が設置してある。各電波吸収衝立10は、高さが1.8mの非金属製衝立802の部屋の内側の面の全体に電波吸収板803を取り付けて構成してある。非金属製衝立802は木製である。電波吸収板803は、厚みが8mmであり、厚みが1mmのアルミシートが裏打ちされている。各電波吸収衝立10は、金属壁からの反射波を弱めるために設置してある。

【0066】基地局アンテナ804は、部屋の中央の高さ1mの位置に設置してある。また、通信特性を確認するために1mの高さの位置に配置した受信アンテナ805を、縦横20cm間隔で移動させた。通信システムの通信可能エリア806は、電波吸収衝立10の内側の空間に形成されている。また、電波吸収衝立10と金属壁との間には幅が1mの通路807が確保されている。なお、基地局アンテナ804及び受信アンテナ805としては水平面内無指向性のモノポールアンテナを使用した。

【0067】図6のフロア環境におけるBERの測定結果が図7に示されている。この測定では、ネットワークアナライザを用いて各測定点で実際のBERを測定し、BER毎に全測定点の数に対する場所率を算出した。しかし、実際には多くの測定点においてBERが10⁻⁸以下であったが、図7では10⁻⁸以上の値のみを示してある。

【0068】図7を参照とすると、衝立がない場合には10⁻²～10⁻¹の間のBERの場所率が比較的大きいが、衝立を設置すると場所率が大きいBERは10⁻⁵以下に変化している。これにより、衝立の設置によりBERが改善されたことを確認した。図6のフロア環境における遅延分散の測定結果が図8に示されている。この測定では、ネットワークアナライザを用いて各測定点で実際の遅延分散を測定し、遅延分散値毎に全測定点の数に対する場所率を算出した。また、レイトレーシングにより解析して求めた結果も図8に示されている。

【0069】図8を参照すると、衝立を設置することで遅延分散は大幅に改善されていることがわかる。場所率のピーク値に関しては、約18ns程度改善されている。また、実測値とレイトレーシングによる計算値とはほぼ同じ傾向を示している。図7、図8の結果から、図6に示すように電波吸収衝立10を設置したことにより無線通信システムの通信特性を改善可能できたことを確認した。

【0070】(例(2))図3に示すフロアにおいて、壁1101～1103の材質の組み合わせが異なる3種類

の環境のぞれぞれについて、衝立を配置した後の電波伝搬特性をレイトレーシングを用いて解析した。この例では、電波伝搬特性として遅延分散を求めた。

【0071】図3のフロアの大きさは縦15m、横30m、高さ2.8mである。壁1101～1103は金属もしくは石膏ボードから構成される。壁1104はガラスで構成されている。天井は岩綿吸音板であり、床はコンクリートである。環境1では、壁1101～1103の全てが金属壁である場合を想定し、壁1101～1103のぞれぞれの前面に、1mの通路の空間を確保したうえで衝立を配置した。それぞれの衝立は、電波吸収板1106を装着した高さ1.8mの非金属製衝立1105によって構成される。

【0072】環境2では、壁1101、1102が金属壁であり、壁1103が石膏ボードである場合を想定し、壁1101、1102のぞれぞれの前面に、1mの通路の空間を確保したうえで衝立を配置した。壁1103の前面には衝立は配置しない。それぞれの衝立は、電波吸収板1106を装着した高さ1.8mの非金属製衝立1105によって構成される。

【0073】環境3では、壁1102が金属壁であり、壁1101、1103が石膏ボードである場合を想定し、壁1102の前面にのみ、1mの通路の空間を確保したうえで衝立を配置した。壁1101、1103の前面には衝立は配置しない。それぞれの衝立は、電波吸収板1106を装着した高さ1.8mの非金属製衝立1105によって構成される。

【0074】この例では、基地局アンテナ1107を設置する位置を、部屋の中心の高さ1.5mの位置に定めた。解析のために設ける受信アンテナの受信点の位置は、高さを1mとし、屋内の様々な位置に1mの間隔で406点の受信点（観測点）を配置した。

【0075】ここでは、無線LANの中心周波数である2.484GHzの周波数について、レイトレーシングによって遅延分散を解析した。15回までの反射を考慮して解析を行った。なお、建材の比複素屈折率については文献（前田他、EMC'99/TOKYO、20A504、pp.674-677、1999、5）に開示された値を用いた。

【0076】遅延分散の解析結果が図9に示されている。ここでは、全受信点での値を平均した結果を示している。但し、電波吸収板1106の反射減衰量は0～40dBの範囲で変化させた。また、基地局アンテナ及び受信アンテナとしては水平方向無指向性のモノポールアンテナを用いる場合を想定した。図9を参照すると、いずれの環境についても、反射減衰量の増加に伴って遅延分散が小さくなっている。金属壁の前面にのみ電波吸収特性を有する衝立を設置することにより、20ns以上の改善効果があることがわかる。

【0077】また、反射減衰量が12dB以上になると

ほとんど遅延分散は変化しないので、電波吸収板1106の反射減衰量としては10dB程度あれば十分であることがわかる。以上のように、金属壁の前面に通路を確保したうえで、金属壁の前方に電波吸収性能を持つ衝立を設置した結果、無線通信システムの通信特性が改善されたことを図9により確認した。

【0078】また、衝立の高さの変化に対する遅延分散の場所率の変化を調べた。その結果、衝立の高さが高くなるほど、すなわち電波吸収体の面積が広くなるに従つて、遅延分散が小さくなることがわかった。つまり、衝立の高さは高い方が通信特性の改善効果が高くなる。

【0079】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の屋内無線通信システムの通信特性制御方法によれば、実際のオフィス等で多く使用されている衝立に電波吸収性能を持たせることにより、複数の屋内無線通信システムの通信エリアを分離したり、通信特性を改善したりすることができ、電磁干渉による通信障害を無線システム自体やアンテナ系を変更することなく簡単に解決することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態の通信特性制御手順を示すフローチャートである。

【図2】第2の実施の形態の通信特性制御手順を示すフローチャートである。

【図3】屋内の1フロアの構成例を示す平面図である。

【図4】屋内の1フロアの構成例を示す平面図である。

【図5】伝搬損失の分布例を示すグラフである。

【図6】屋内の1フロアの構成例を示す平面図である。

【図7】屋内におけるBER毎の場所率の例を示すグラフである。

【図8】屋内における遅延分散毎の場所率の例を示すグラフである。

【図9】屋内における反射減衰量と遅延分散との関係の例を示すグラフである。

【符号の説明】

10 電波吸収衝立

20 通路

601 石膏ボード壁

40 602 金属壁

603 ガラス壁

604 非金属製衝立

605 電波吸収板

606, 607 基地局

608, 609 通信可能エリア

801 電波吸収体

802 非金属製衝立

803 電波吸収板

804 基地局アンテナ

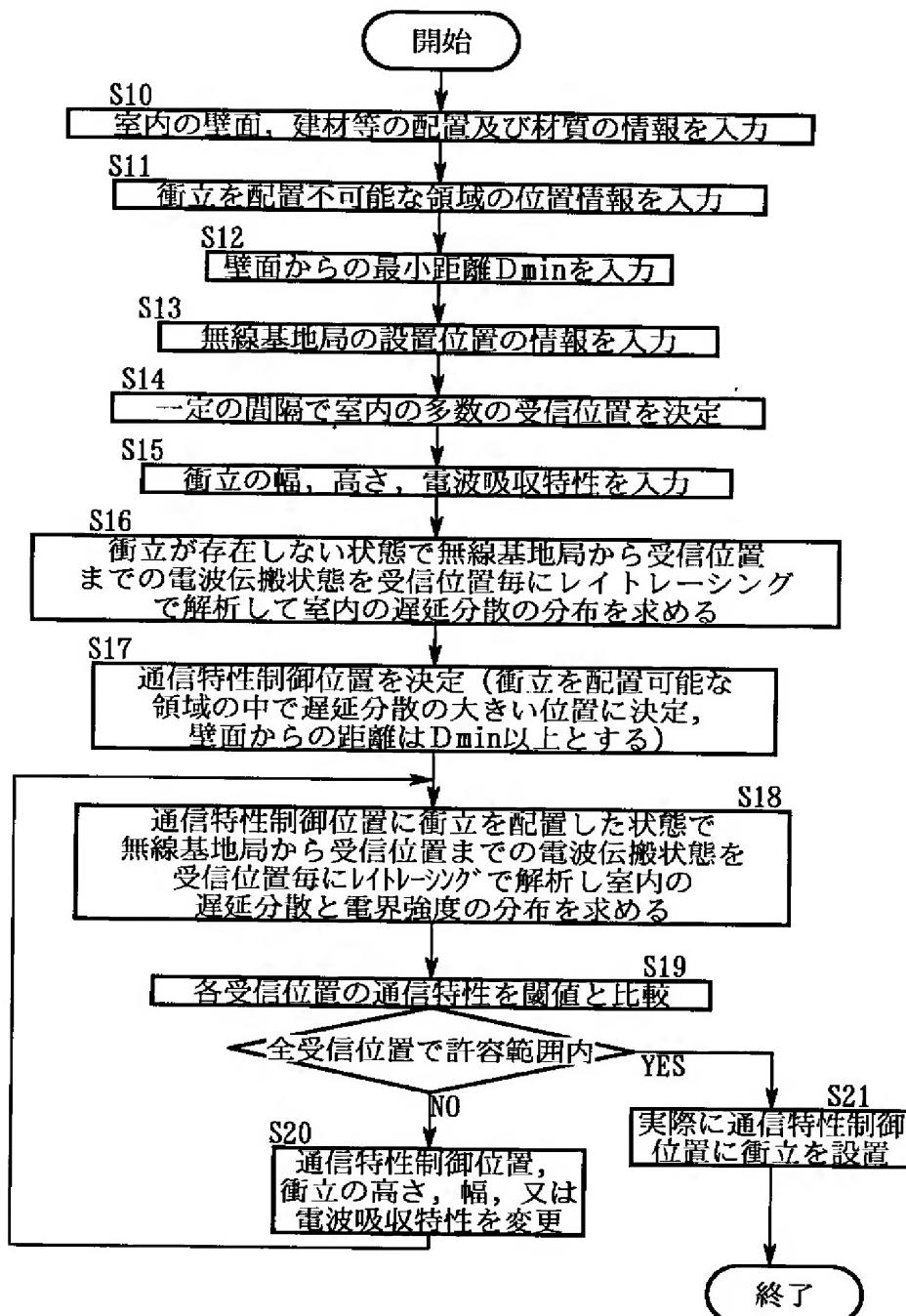
50 805 受信アンテナ

806 通信可能エリア
 807 通路
 1101, 1102, 1103 壁
 1104 ガラス壁

1105 非金属製衝立
 1106 電波吸収板
 1107 基地局アンテナ

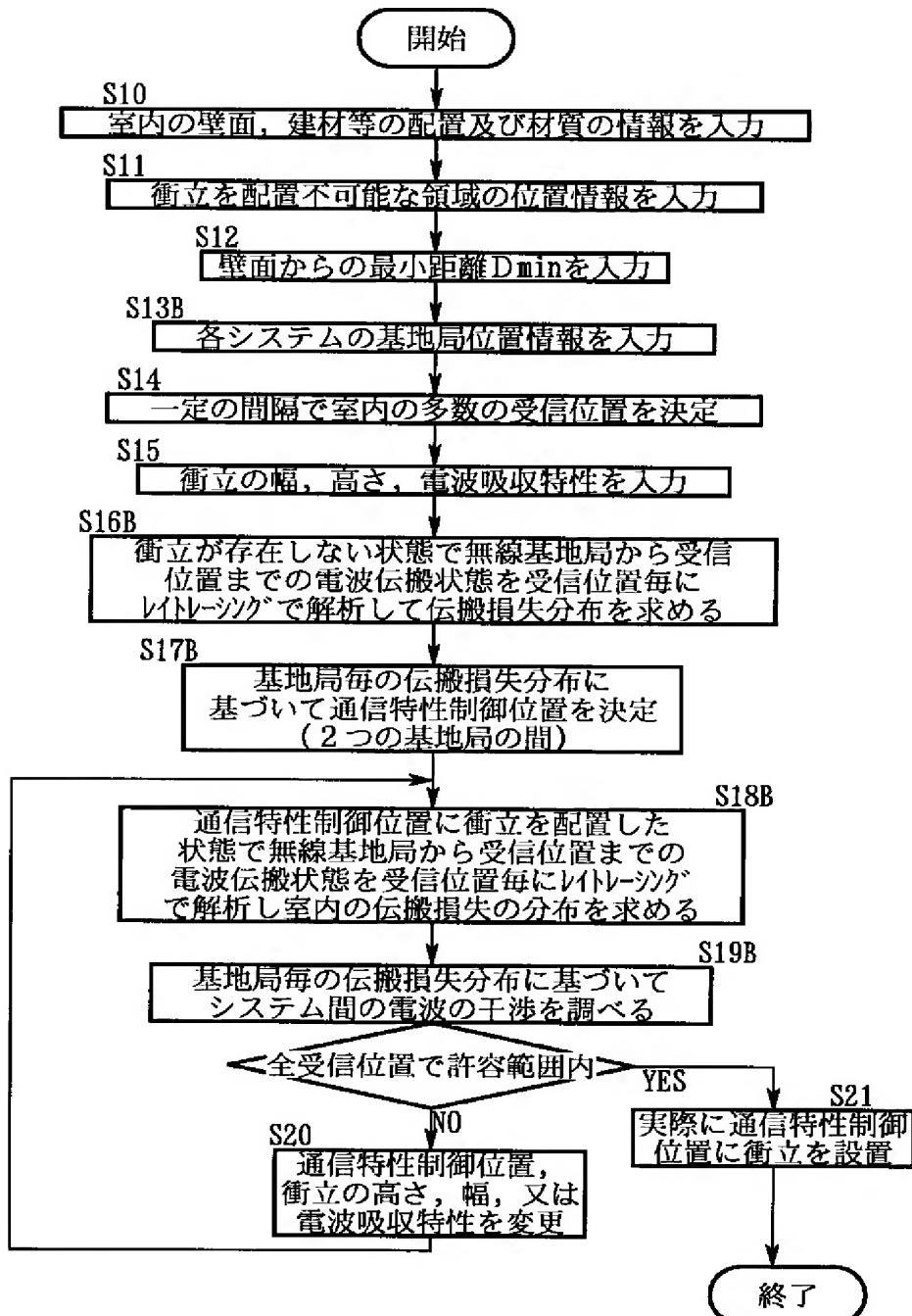
【図1】

第1の実施の形態の通信特性制御手順



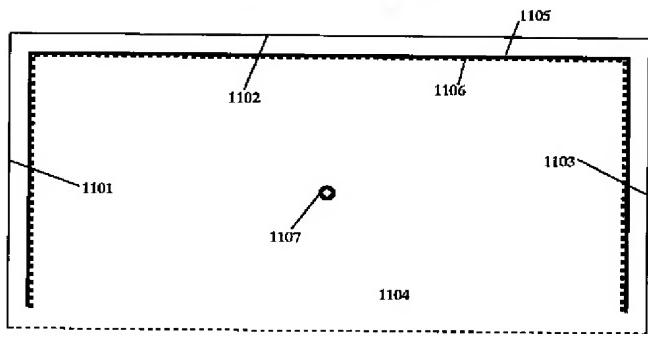
【図2】

第2の実施の形態の通信特性制御手順



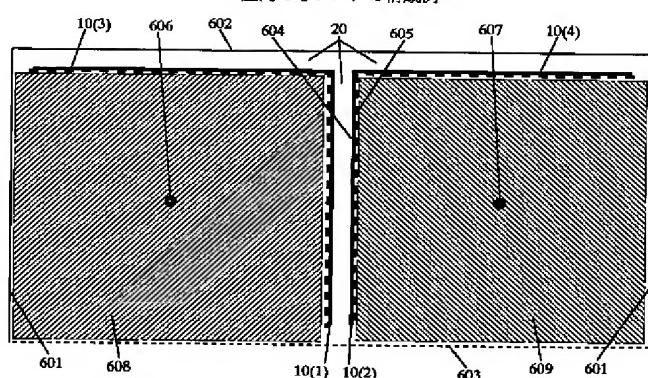
【図3】

屋内の1フロアの構成例



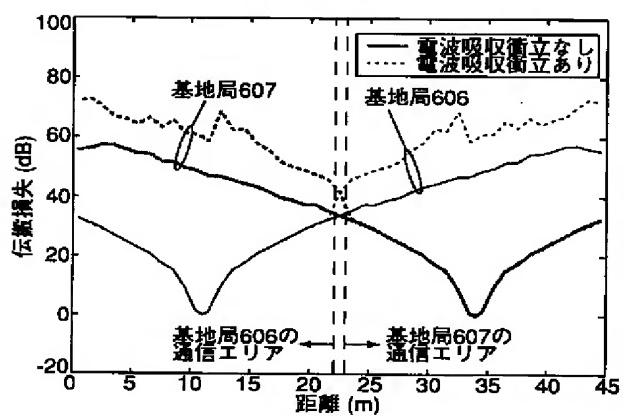
【図4】

屋内の1フロアの構成例



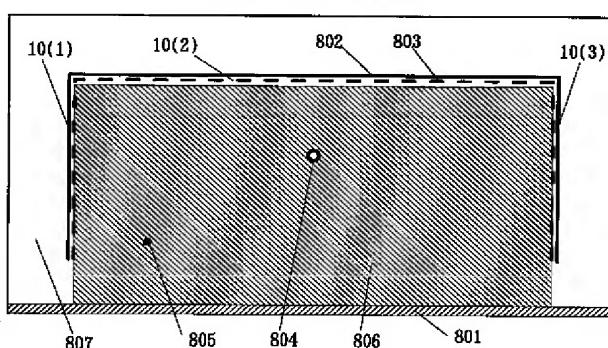
【図5】

伝搬損失の分布例



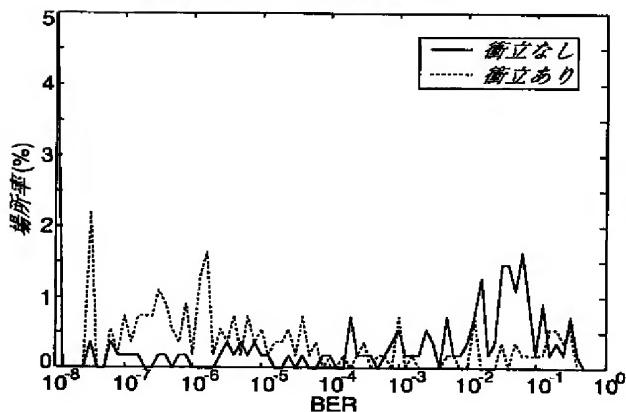
【図6】

屋内の1フロアの構成例



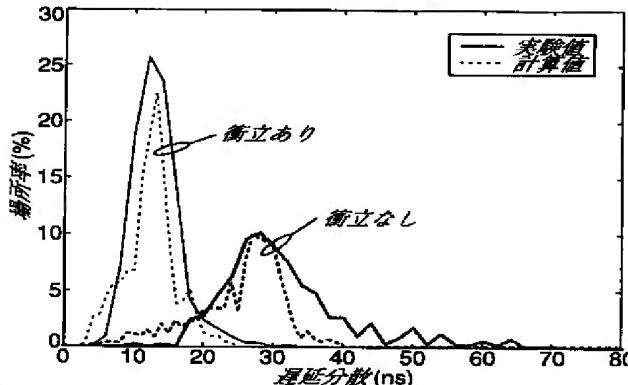
【図7】

屋内におけるB E R毎の場所率の例



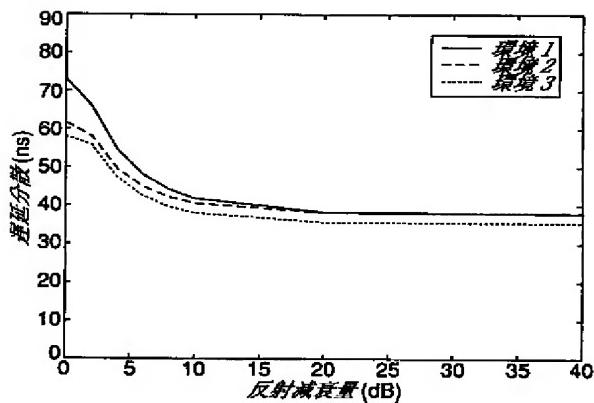
【図8】

屋内における遅延分散毎の場所率の例



【図9】

屋内における反射減衰量と遅延分散との関係の例



フロントページの続き

(72)発明者 高谷 和宏
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 塩川 完也
東京都港区芝浦三丁目4番1号 株式会社
エヌ・ティ・ティファシリティーズ内

(72)発明者 長永 昭彦
東京都港区芝浦三丁目4番1号 株式会社
エヌ・ティ・ティファシリティーズ内
Fターム(参考) 5K042 AA01 AA06 BA08 CA02 CA13
DA01 EA01 FA10 FA11 FA17
LA06
5K067 AA02 AA03 BB02 BB45 EE02
EE10 LL11